Der funktionelle Verschluss des Ductus arteriosus bei Neugeborenen untersucht mit einem Doppler-Ultraschallgerät

Klaus JOST

1981

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 26 81 77

AUS DER KINDERKLINIK DER UNIVERSITÄT
MÜNCHEN
IM DR. VON HAUNER'SCHEN KINDERSPITAL
DIREKTOR: PROF. DR. K. BETKE

DER FUNKTIONELLE VERSCHLUß DES DUCTUS ARTERIOSUS BEI NEUGEBORENEN UNTERSUCHT MIT EINEM DOPPLER-ULTRASCHALLGERÄT

Inaugural - Dissertation

Zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-
Universität in München

vorgelegt von

KLAUS JOST

MÜNCHEN

1981

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. O. Linderkamp
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. K. Betke
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 9.4.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Untersuchte Kinder	5
3.	Methoden	6
3.1.	Prinzip der Doppler-Sonographie	6
3.2.	Technik der Doppler-Sonographie	8
3.2.1.	Versuchsaufbau	8
3.2.2.	Durchführung der Messung	9
3.3.	Fehlerquellen der Ultraschall-Doppler-Sonographie	10
3.4.	Durchführung der Messungen und Auswertung	11
4.	Ergebnisse	14
5.	Diskussion	15
6.	Zusammenfassung	21
7.	Abbildungen	22
8.	Literatur	29

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546820_0049

1. EINLEITUNG

Die Hauptfunktion des Ductus arteriosus beim Feten besteht darin, den Blutstrom von den Pulmonalarterien zu den unteren Körperregionen und zur Plazenta zu lenken, um die Zirkulation durch die Lungen zu vermeiden und die Arbeitsbelastung des Herzens zu verringern (Dawes 1968 / Rudolph und Heymann 1970). 90 % des rechten Ventrikelauswurfes und 60 % des gesamten Herzauswurfes eines Feten passieren den Ductus arteriosus. (Heymann und Rudolph 1975).

Funktioneller und organischer Verschluß des Ductus arteriosus werden wahrscheinlich durch mehrere Mechanismen, die miteinander zusammenhängen, bestimmt. Eingeleitet wird der funktionelle Verschluß durch ansteigende arterielle Sauerstoffspannung des Ductus arteriosus. (Kennedy und Clark 1942 / Born et al. 1956 / Kovalcik 1963 / Heymann und Rudolph 1975). Umgekehrt kann sich ein funktionell geschlossener Ductus durch eine Hypoxämie wieder öffnen. Eine wichtige Rolle beim Verschluß des Ductus arteriosus apertus spielen außerdem noch konstriktorische Prostaglandine wie das Thromboxan A_2. (Friedmann 1978).

Die Diagnose eines Ductus arteriosus apertus stützt sich auf klinische Zeichen wie "hüpfende" Pulse, eine

weite Blutdruckamplitude, einen niedrigen diastolischen Blutdruck und ein typisches Herzgeräusch (Versmold und Linderkamp, in Vorbereitung). Gesichert wird die Diagnose durch aufwendige Verfahren: Hierzu gehören invasive Verfahren wie Messungen von Sauerstoffsättigungen (gemischt venös, systemische Arterie, Pulmonalarterie) im Rahmen einer Herzkatheteruntersuchung (Bloom, et al. 1977). Ein Ductus arteriosus apertus kann auch direkt katheterisiert oder durch eine Angiographie sichtbar gemacht werden. Außerdem kann der Shunt mit einem Katheter in der Arteria umbilicalis mittels retrograder Aortographie abgeschätzt werden (Thibeault et al. 1975).

Als nichtinvasive Methode der Diagnose eines offenen Ductus hat sich die Echocardiographie durchgesetzt. (Silverman et al. 1974 / Baylen et al. 1975). Sie ist sogar für die Erkennung eines offenen Ductus arteriosus bei Kindern ohne typische klinische Zeichen geeignet. (Mc Grath et al, 1978). Ein großer links-rechts-Shunt erhöht die zum linken Vorhof fließende Blutmenge, was eine Vergrößerung des linken Vorhofs zur Folge hat. So wächst der Durchmesser des linken Vorhofs (LA) mit der Größe des Shunts über den Ductus und mit dem Körpergewicht des Kindes, während der Durchmesser der Aortenwurzel (Ao) hauptsächlich vom Körpergewicht abhängt und vom Shuntvolumen nicht beeinflußt wird (Silverman

et al. 1974). Daher gibt das Verhältnis LA/Ao (normal unter I,O) einen guten Hinweis auf das Shuntvolumen über den Ductus (Silverman et al. 1974 / Baylen et al. 1975 / Bloom et al. 1977 / Mc Grath et al. 1978).

Die Echocardiographie kann in bestimmten Situationen zu Fehlbestimmungen führen: Wenn die Vergrößerung des linken Vorhofs hauptsächlich in einer cephalocaudalen Achse ("Pancaking") erfolgt, kann das Verhältnis LA/Ao normal sein, trotz deutlichem Shunt über den Ductus (Hirschklau et al. 1978). Außerdem steigt das Verhältnis LA/Ao auch bei Kindern mit Kammerseptumdefekt und anderen Herzfehlern an. (Bloom et al. 1977).

Größere Sicherheit in der Diagnostik eines Ductus arteriosus apertus kann mit extrem aufwendigen Echacardiographieverfahren wie die Echokontrasttechnik (Allen et al. 1978), die einen Aortenkatheter erfordert, die "Real-time cross-sectional echocardiographie" (Sahn und Allen 1978) und gepulste Doppler Echocardiographie (Stevenson et al, 1979) erreicht werden.

Die Doppler-Sonographie (Linderkamp et al. in Vorber.) hat sich in der eigenen Untersuchung als verhältnismäßig einfach zu handhabende Methode zur Untersuchung eines offenen Ductus arteriosus bewährt. Der Zeitpunkt des physiologischen Verschlusses des Ductus arteriosus bei

normalen Neugeborenen wurde in früheren Untersuchungen mit Hilfe der Indikatorverdünnungstechnik (Prec, Cassels, 1955 / Conderelli, Ungari 1960 / Jegier et al. 1964 / Gessner et al. 1965 / Arcilla et al. 1967) oder durch Messung der Sauerstoffsättigung in der Pulmonalarterie und dem rechten Ventrikel durchgeführt (Adams, Lind 1957 / Saling 1960 / Rudolph et al. 1961 / Moss et al. 1963 / Moss et al. 1964).

Diese Methoden können jedoch nicht für fortlaufende Untersuchungen angewendet werden, so daß sich der genaue Zeitpunkt des Verschlusses des Ductus arteriosus nicht bestimmen ließ. Für Serienuntersuchungen sind nicht invasive Verfahren wie die Doppler-Sonographie geeignet (Linderkamp et al. in Vorbereitung).

In der vorliegenden Arbeit wurde diese Methode angewendet, um die Zeit des normalen physiologischen Verschlusses des Ductus arteriosus bei gesunden und reifen Neugeborenen zu bestimmen.

2. UNTERSUCHTE KINDER

Untersucht wurden 18 Kinder (8 männlich, 10 weiblich) gesunder Mütter, die nach unkompliziertem Schwangerschaftsverlauf vaginal entbunden wurden. Die Nabelschnur wurde 15 Sekunden nach der Geburt abgebunden. Das Gestationsalter betrug 38 - 40 Wochen, das Geburtsgewicht 2650 g bis 4100 g. Die Eltern willigten nach ausführlicher Aufklärung in die Untersuchung ein.

Alle Neugeborenen waren bei der Geburt und während des Klinikaufenthaltes in guter Verfassung. Sie erhielten (bis auf 2 Kinder) weder Medikamente noch Sauerstoff. 2 Neugeborene wurden vor und während einer 5 minütigen Gabe von reinem Sauerstoff über eine Maske untersucht. Nach 30 Minuten erfolgte eine weitere Messung ohne Zuhilfenahme von Sauerstoff.

3. METHODEN

3.1. Prinzip der Doppler-Sonographie

Kontinuierlicher Ultraschall wird in engem Strahl von einem Sendekristall ausgeschickt, der zusammen mit einem Empfängerkristall in einer Sonde (Transducer) angebracht ist. Sende- und Empfängerkristall sind winklig zueinander angeordnet, so daß, wie aus Abbildung 1 ersichtlich, der Bereich der größten Empfindlichkeit sehr klein gehalten werden kann. Signale von außerhalb dieses Bereiches werden weitestgehend gedämpft, wodurch die Unterscheidung von einzelnen Blutgefäßen ermöglicht wird.

Die vom Sendekristall ausgeschickten Ultraschallwellen treffen transkutan auf das zu untersuchende Blutgefäß. Ein Teil dieser Wellen wird von den strömenden Erythrozyten reflektiert und von dem Empfängerkristall aufgenommen. Hierbei kommt es zu einer Frequenzänderung der Ultraschallwellen, die der Blutflußgeschwindigkeit direkt proportional ist.

Nach dem Doppler-Effekt reflektieren Grenzflächen (hier die Erythrozyten-Oberfläche), die sich auf einen Sender zu bewegen, den Schall mit einer erhöhten Frequenz und solche, die sich vom Sender weg bewegen, mit einer

verminderten Frequenz. Dieses Phänomen ermöglicht, sowohl die Geschwindigkeit, als auch die Richtung des Blutstroms zu bestimmen.

Die Blutflußgeschwindigkeit errechnet sich aus folgender Formel:

$$v = df \cdot \frac{c}{2 f_o \cdot \cos a}$$

v = Blutflußgeschwindigkeit

df = Frequenzänderung des reflektierten Ultraschalls

c = Schallgeschwindigkeit im Gewebe

f_o = Sendefrequenz des Ultraschalls

a = Beschallungswinkel (Winkel zwischen Ultraschallsonde und Gefäß)

Für die Berechnung von v wird c als Konstante angenommen und f_o vom Gerät festgelegt. a hängt von der Stellung der Ultraschallsonde in Relation zum untersuchten Gefäß ab und sollte möglichst genau 45^o betragen, da der Dopplereffekt hierbei am stärksten ist. Deshalb sind die verfügbaren Geräte auf diesen Winkel geeicht.

Somit läßt sich bei richtiger Winkeleinstellung v direkt aus df errechnen.

3.2. Technik der Doppler-Sonographie

3.2.1. Versuchsaufbau

Für die Messungen wurde ein Doppler-Ultraschallgerät (Sonicaid Modell BV 380 der Fa. Kranzbühler) verwendet, welches mit kontinuierlichem Ultraschall von 8 MHz arbeitet. Das Gerät ist auf einen Beschallungswinkel von 45° geeicht.

Abbildung 2 zeigt den gesamten Versuchsaufbau.

Das mit Mittennull arbeitende Anzeigeninstrument hat einen Skalenbereich von 0 - 0,5 m/sec; Strömung auf den Transducer zu wird durch Ausschlag nach rechts, vom Transducer weg durch Ausschlag nach links angezeigt. Der volle Skalenausschlag entspricht bei einer Geschwindigkeit von 0,5 m/sec einer Dopplerverschiebung von 3,83 kHz bei einem Beschallungswinkel von 45°.

Mittels Stereokopfhörer kann man die Strömungsrichtung ebenfalls bestimmen, da die Signale in den beiden Hörmuscheln zueinander phasenverschoben sind. Außerdem dient die akustische Kontrolle der Auffindung des Ortes mit maximaler Blutflußgeschwindigkeit, da die Lautstärke des akustischen Signals sich zu dieser analog verhält.

Als Schreiber wurde ein Mehrkanal-Kurven-Schreiber (Fa. Schwarzer) verwendet.

3.2.2. Durchführung der Messung

Vor Beginn der Messung werden die Nullinie und der maximale Zeigerausschlag (0,5 m/sec) des Ultraschallgerätes justiert und mit dem Schreiber aufgezeichnet. Diese beiden Linien dienen zugleich der Eichung.

Auf der Meßstelle wird eine großzügige Menge Kontaktmittel (hier Aquasonic^{R}-Gel) zur Herabsetzung der Grenzflächeneigenschaften der Haut aufgetragen und die Ultraschallsonde mit leichtem Druck auf die Haut aufgesetzt. Bei zu starkem Druck kann der Blutstrom im darunter liegenden Gefäß beeinträchtigt werden und stenosebedingte Turbulenzen entstehen. Dadurch würde es zu einer Verfälschung des Ergebnisses im Sinne einer erhöhten Blutflußgeschwindigkeit kommen (Messmer et al. 1969).

Unter akustischer Kontrolle mittels Stereokopfhörer wird die Ultraschallsonde langsam über das Untersuchungsgebiet geführt, bis das gewünschte Gefäß aufgefunden ist. Durch Neigungsänderungen der Sonde versucht man nun, die Gefäßmitte und den optimalen Be-

schallungswinkel einzustellen.

Die optimale Meßkonstellation ist gefunden, wenn man über den Kopfhörer das möglichst lauteste und reinste Strömungsgeräusch hört. Unreine Geräusche lassen auf Überlagerung durch andere Gefäße schließen. Arterien haben ein starkes, pulsierendes Geräusch.

Jetzt läßt man den Schreiber über mehrere Sekunden laufen und erhält die Kurve der Blutströmungsgeschwindigkeit des untersuchten Gefäßes (Abbildung 3).

3.3. Fehlerquellen der Ultraschall-Doppler-Sonographie

Optimale Meßbedingungen sind bei Neugeborenen wegen der kleinen Verhältnisse und der fehlenden Kooperationsbereitschaft schwer einzuhalten. Die Bedeutung des Beschallungswinkels ist bereits erwähnt worden. Mit der oben beschriebenen Methode kann ein Winkel von 45^{o} nur annäherungsweise eingestellt werden, was zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt (Johnston et al. 1977).

Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, den Bereich der größten Empfindlichkeit genau mit der Mitte des Gefäßes zur Deckung zu bringen, um die Spitze der

laminaren Blutströmung zu erfassen.

Auf die Problematik der Eichung des Meßsignals, des Strömungsprofils und der Verwendung von Filtern weisen die Untersuchungen von Bauer et al. (1971, 1976) und Pasch et al. (1971, 1976) hin.

Quantitativ absolut richtige Ergebnisse sind also mit dieser Methode nicht zu erwarten (Lunt 1975 / Hauke 1976 / Klein 1976). Für qualitative, vergleichende Aussagen und zur Beurteilung von Tendenzen ist diese Methode jedoch gut geeignet (Reneman et al. 1979).

Trotz dieser Fehlerquellen konnten andere Untersucher eine befriedigende Übereinstimmung der Ergebnisse der Blutströmungsmessung mittels Ultraschall-Doppler-Sonographie und anderen invasiven Methoden zeigen (Gams et al. 1974 / White et al. 1974 a, b, / Boughner 1975 / Lunt 1975 / Fritzgerald et al. 1975 / Bounomini et al. 1977 / Holen et al. 1977).

3.4. Durchführung der Messungen und Auswertung

Gemessen wurden die Blutflußgeschwindigkeit und -richtung in der Aorta ascendens, in der linken und rechten Arteria subclavia und der rechten Arteria femoralis

mit einem richtungsanzeigenden Doppler-Ultraschallgerät. Diese großen Gefäße sind bei Neugeborenen leicht aufzufinden. Zur Messung der Aorta ascendens wird die Meßsonde ("transducer") in der Fossa jugularis nach kaudal gerichtet aufgesetzt. Die Arteria subclavia findet man etwa in der Medioclavicularlinie meistens oberhalb, in einigen Fällen unterhalb der Clavicula. Die Arteria femoralis ist in der Mitte der Leistenbeuge unterhalb des Leistenbandes zu suchen. Die Untersuchung eines Neugeborenen dauerte etwa 30 Minuten.

Ein signifikanter links-rechts-Shunt durch einen offenen Ductus arteriosus bewirkt eine Umkehr der Blutflußrichtung von der linken Arteria subclavia in die Aorta während der Diastole, da ein Teil des vom Herzen in die Aorta ausgeworfenen Blutes in das "Loch im Windkessel" entweicht. (Linderkamp et al., in Vorbereitung). In den meisten Fällen konnte der umgekehrte Blutfluß auch in der rechten Arteria subclavia und in einigen wenigen Fällen außerdem noch in der rechten Arteria femoralis festgestellt werden.

Die normale Kurve der Blutflußgeschwindigkeit besteht aus folgenden Anteilen (Abbildung 3):

1. Systolischer Vorwärtsfluß
2. Diastolischer Rückfluß (entsteht durch Reflektion

des Blutes in der Peripherie)

3. Diastolischer Vorfluß (entsteht im wesentlichen durch Reflektion des diastolischen Rückflusses an der Aortenklappe)

Ein bedeutender links-rechts-Shunt wurde angenommen, wenn ein Rückfluß während der ganzen Diastole anhielt und wenn das Verhältnis aus Rückfluß zu Vorwärtsfluß in der linken Arteria subclavia 0,15 oder darüber betrug. Fiel der Quotient unter 0,15, so wurde ein funktioneller Verschluß der Ductus arteriosus angenommen. (Linderkamp et al., in Vorbereitung).

Vorwärtsfluß und Rückfluß wurden planimetrisch aus den Kurven bestimmt (Abbildung 4).

Der Nettorückfluß ergibt sich durch Subtraktion des diastolischen Vorflusses vom diastolischen Rückfluß.

Die erste Messung erfolgte so rasch wie möglich post partum, spätestens jedoch nach 2 Stunden. Die weiteren Messungen wurden alle 2 Stunden bis zur 12. Stunde nach der Geburt, alle 3 Stunden von der 12. - 24 Stunde und danach alle 6 Stunden bei noch vorhandenem Rückfluß durchgeführt. Nach Aufhören des Rückflusses wurden die Kinder bis zum 7. Lebenstag alle 24 Stunden untersucht.

4. ERGEBNISSE

Abbildung 5 zeigt die Zahl der untersuchten Kinder mit und ohne diastolischen Rückfluß in der linken Arteria subclavia aufgetragen gegen das Alter. Diese Zahlen repräsentieren das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines offenen Ductus arteriosus.

Ein Rückfluß konnte bei allen Neugeborenen während der ersten 2 Lebensstunden gezeigt werden. 7 Kinder hatten nach 6 Stunden und 13 Kinder nach 10 Stunden keinen Rückfluß mehr. Bei 2 Kindern fiel der Rückfluß nach der 6. bzw. 2. Stunde auf beinahe Null, stieg während der folgenden Stunden wieder an und war nach 30 bzw. 54 Stunden nicht mehr vorhanden (Abb. 6). Bei einem Neugeborenen stieg der Rückfluß in der 7. Stunde beträchtlich an, wuchs noch während der nächsten Untersuchungsperiode an und war nach 7 Tagen noch feststellbar.

Bei 2 weiteren Neugeborenen wurde nach 2 bzw. 5 Stunden ein Rückfluß festgestellt. Nach 5 minütiger Gabe von reinem Sauerstoff über eine Maske war bei einem Kind kein Rückfluß mehr zu beobachten. Bei dem anderen war er auf ein Minimum reduziert. Beide Neugeborene hatten nach kurzer Zeit wieder den ursprünglichen Rückfluß (Abb. 7).

5. DISKUSSION

Bei vielen Neugeborenen wird in den ersten Stunden nach der Geburt ein Shunt in beiden Richtungen über den Ductus arteriosus beobachtet (Conderelli, Ungari 1960 / Saling 1960 / Moss et al. 1963 / Jegier et al. 1964 / Gessner et al. 1965 / Arcilla et al. 1967). Der rechts-links-Shunt nimmt während der ersten beiden Stunden stark ab und bewegt sich dann zwischen 4 % und 7 % des Aortenflusses (Arcilla et al. 1967). Der gesamte rechts-links-Shunt macht in dieser Zeit ungefähr 10 % bis 20 % des Schlagvolumens aus (Bartels et al. 1972). Das Volumen des links-rechts-Shunts durch den Ductus arteriosus ist wesentlich umfangreicher und beträgt ungefähr 30 % des systemischen Blutflusses während der ersten Lebensstunden (Arcilla et al. 1967). Außerdem übertrifft der diastolische Aortendruck den diastolischen Pulmonaldruck (Rudolph et al. 1961 / Moss et al. 1963), so daß es während der Diastole zu einem Überwiegen des links-rechts-Shunts kommt.

Bei einem offenen Ductus arteriosus und einem bedeutenden Shunt von der Aorta zur Pulmonalarterie ist auch ein Blutrückfluß aus den Arterien zu erwarten, die nahe am Ductus arteriosus entspringen. Die Nähe des Ductus arteriosus zur linken Arteria subclavia bedingt einen beträchtlichen diastolischen Rückfluß

hauptsächlich in diesem Gefäß. Einen ähnlichen diastolischen Rückfluß kann man auch bei einer Aortenklappeninsuffizienz beobachten (Boughner 1975).

Eine neuere Arbeit hat gezeigt, daß eine Zunahme des peripheren Gefäßwiderstandes mit einem beträchtlichen Rückfluß während der frühen Diastole in der Arteria femoralis einhergeht (Rittenhouse et al. 1976). Unsere Ergebnisse können jedoch nicht mit der Abnahme des peripheren Gefäßwiderstandes während der ersten Lebensstunden (Arcilla et al. 1967) erklärt werden, da ein auffälliger Rückfluß in allen Fällen in der linken Arteria subclavia deutlicher war als in der Arteria femoralis. Obere und untere Extremitäten des Neugeborenen weisen die gleiche Durchblutung und damit den gleichen Gefäßwiderstand auf (Wong et al. 1976). Ein höherer Gefäßwiderstand in den Arteriae subclaviae im Vergleich zu den Femoralarterien ist somit auszuschließen. Der Widerstand dürfte am Meßpunkt der Arteria subclavia sogar geringer sein als an dem der Arteria femoralis, da die Arteria subclavia wesentlich herznäher liegt als die Arteria femoralis. Außerdem wird ein durch hohen peripheren Gefäßwiderstand bedingter Rückfluß hauptsächlich in der frühen Diastole beobachtet, während die Kinder mit offenem Ductus arteriosus ihren Rückfluß während der ganzen Diastole haben (Linderkamp et al., in Vorbereitung). Schließlich konnte durch

Sauerstoffgabe der Rückfluß aufgehoben werden.

Die Wirkung von Sauerstoff auf den Ductus arteriosus ist gut bekannt: Erhöhung des intraductalen Sauerstoffgehaltes führt zum Verschluß des Ductus. Dieser Verschluß ist zunächst reversibel (Kennedy, Clark 1942 / Born et al. 1956 / Kovalcik 1963 / Heyman, Rudolph 1975). Die Vermeidung bzw. Aufhebung des Rückflusses ist also ein deutlicher Hinweis darauf, daß der Rückfluß durch einen offenen Ductus arteriosus verursacht wird. Somit kann ein Rückfluß in der linken Arteria subclavia bei Neugeborenen mit großer Wahrscheinlichkeit einem links-rechts-Shunt über den Ductus arteriosus zugeschrieben werden.

Feldtman et al. (1976) benutzten ein Doppler-Ultraschallgerät, um die klinische Diagnose eines offenen Ductus arteriosus bei Frühgeborenen mit Atemnotsyndrom zu erhärten. Sie beobachteten eine sich in der Mitte der Systole befindende schnelle Geschwindigkeitsumkehr in der linken Brachialarterie. Wir haben diesen "M" förmigen Ausschlag in der Kurve weder in der Brachialarterie noch in einer anderen Arterie gesehen. Die klinische Diagnose eines offenen Ductus arteriosus wird bei Frühgeborenen gewöhnlich dann erstellt, wenn ein großer Shunt vorhanden ist. Demzufolge dürften die Ergebnisse von Feldtman et al. (1976) auf

größere Shuntvolumina zurückzuführen sein. Die eigenen Ergebnisse eines bedeutenden links-rechts-Shunts bei normalen vollausgetragenen Neugeborenen bestärken die Resultate anderer Autoren, die oxymetrische (Adams, Lind 1957 / Rudolph et al. 1961 / Moss et al. 1963 / Moss et al. 1964) oder Farbverdünnungstechniken (Prec, Cassels 1955 / Conderelli, Ungari 1960 / Jegier et al. 1964 / Gessner et al. 1965 / Arcilla et al. 1967) benutzten.

Da diese Untersuchungen auf einzelnen Beobachtungen und nicht auf Serienuntersuchungen basieren, kann die individuelle Zeit des Ductusverschlusses nicht abgeleitet werden. Einige Autoren beobachten einen großen links-rechts-Shunt über den Ductus bei den meisten Neugeborenen, die 15 Stunden (Prec, Cassels 1955), 24 Stunden (Conderelli, Ungari 1960 / Jegier et al. 1964) und 76 Stunden(Adams, Lind 1957) nach der Geburt untersucht wurden. In einer Untersuchung von Kindern mit leichter oder ohne Atemnot wurden folgende Zeiträume des Ductusverschlusses festgestellt: innerhalb der ersten 6 Stunden nach der Geburt bei 3 von 8 Kindern, im Alter von 7 bis 12 Stunden bei 3 von 4 Neugeborenen und 21 und 30 Stunden nach der Geburt bei 2 von 4 Kindern (Rudolph et al. 1961).

Andere Autoren zeigten einen beachtlichen links-rechts-

Shunt bei allen Neugeborenen innerhalb der ersten 3 Lebensstunden und bei 5 von 9 Kindern zwischen 6 und 13 Stunden nach der Geburt (Moss et al. 1963 / Moss et al. 1964). Nach den bisherigen Untersuchungen hat sich bei den meisten Kindern 15 Stunden nach der Geburt der Ductus physiologisch geschlossen (Prec, Cassels 1955 / Rudolph et al. 1961 / Moss et al. 1963 / Moss et al. 1964).

Die Neugeborenen der eigenen Arbeit wurden 15 Sekunden nach der Geburt abgenabelt und erhielten daher wahrscheinlich eine kleine Placentatransfusion (Linderkamp et al. 1978). Der Effekt des frühen und späten Abbindes der Nabelschnur wurde von Arcilla et al. (1967) untersucht: Sie fanden bei allen Kindern einen nachweisbaren, Ductus bedingten links-rechts-Shunt innerhalb von 6 Stunden nach der Geburt. Im Alter von 6 - 12 Stunden gab es bei 3 von 4 Kindern mit früher Abnabelung keinen links-rechts-Shunt mehr, aber noch bei allen Kindern mit später Abnabelung. Bei letzteren zeigten noch 5 von 6 Kindern 12 bis 25 Stunden nach der Geburt einen offenen Ductus arteriosus. Der relativ frühe Verschluß des links-rechts-Shunts bei den meisten Neugeborenen, die von anderen Autoren untersucht wurden, könnte von früher Unterbindung der Nabelschnur herrühren. Andererseits dürfte die Methode der eigenen Untersuchung nicht empfindlich genug

sein, um sehr kleine Shuntvolumen aufzudecken.

Trotzdem liefert das Doppler-Ultraschallgerät eine sehr einfache, sichere und nicht invasive Methode zur Diagnose eines beachtlichen links-rechts-Shunts durch den Ductus arteriosus und kann ohne Risiko für Serienuntersuchungen benutzt werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Ein Doppler-Ultraschallgerät mit Flußrichtungsanzeige wurde zur Bestimmung eines links-rechts-Shunts durch einen offenen Ductus arteriosus an normalen Neugeborenen benutzt. Serienuntersuchungen an 16 Neugeborenen zeigten, daß sich der Ductus arteriosus bei 7 Neugeborenen innerhalb von 6 Stunden und bei 13 Kindern innerhalb von 10 Stunden nach der Geburt physiologisch schließt. Bei 2 Neugeborenen konnte erst 30 bzw. 54 Stunden nach der Geburt kein links-rechts-Shunt mehr über den Ductus arteriosus beobachtet werden. Ein Kind hatte noch im Alter von 7 Tagen einen offenen Ductus arteriosus. Unsere Ergebnisse stimmen mit den Daten anderer Autoren, die invasive Techniken verwendeten, überein. Dies zeigt, daß die nicht invasive Doppler-Ultraschallmethode eine brauchbare Technik zur Diagnose eines offenen Ductus arteriosus darstellt.

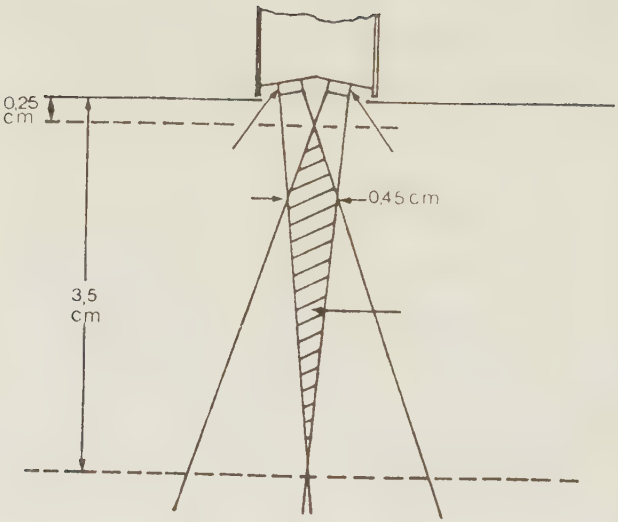

Abb. 1: Schematische Darstellung des Ultraschall-Strahls

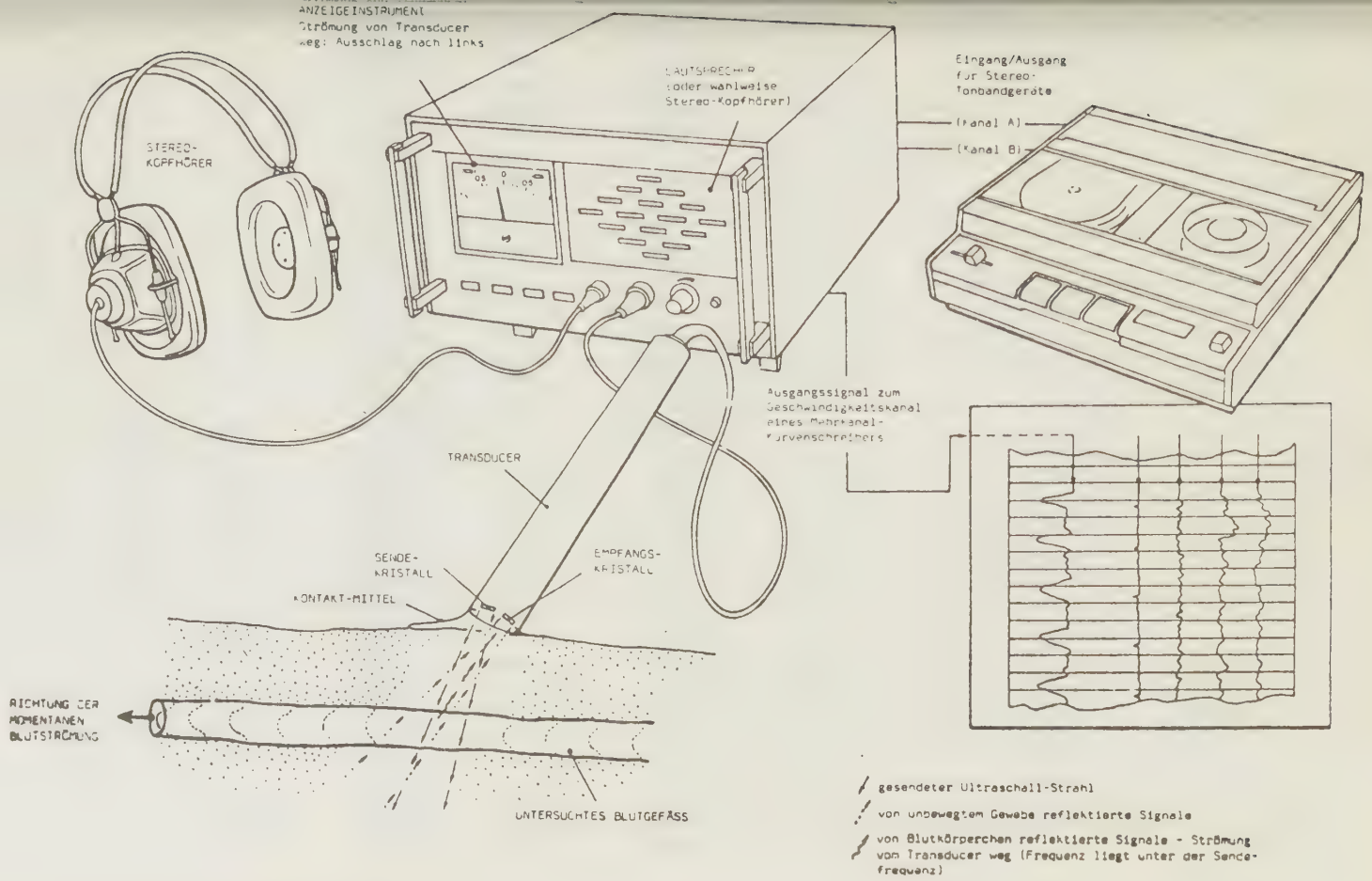

Abbildung 2: Versuchsaufbau

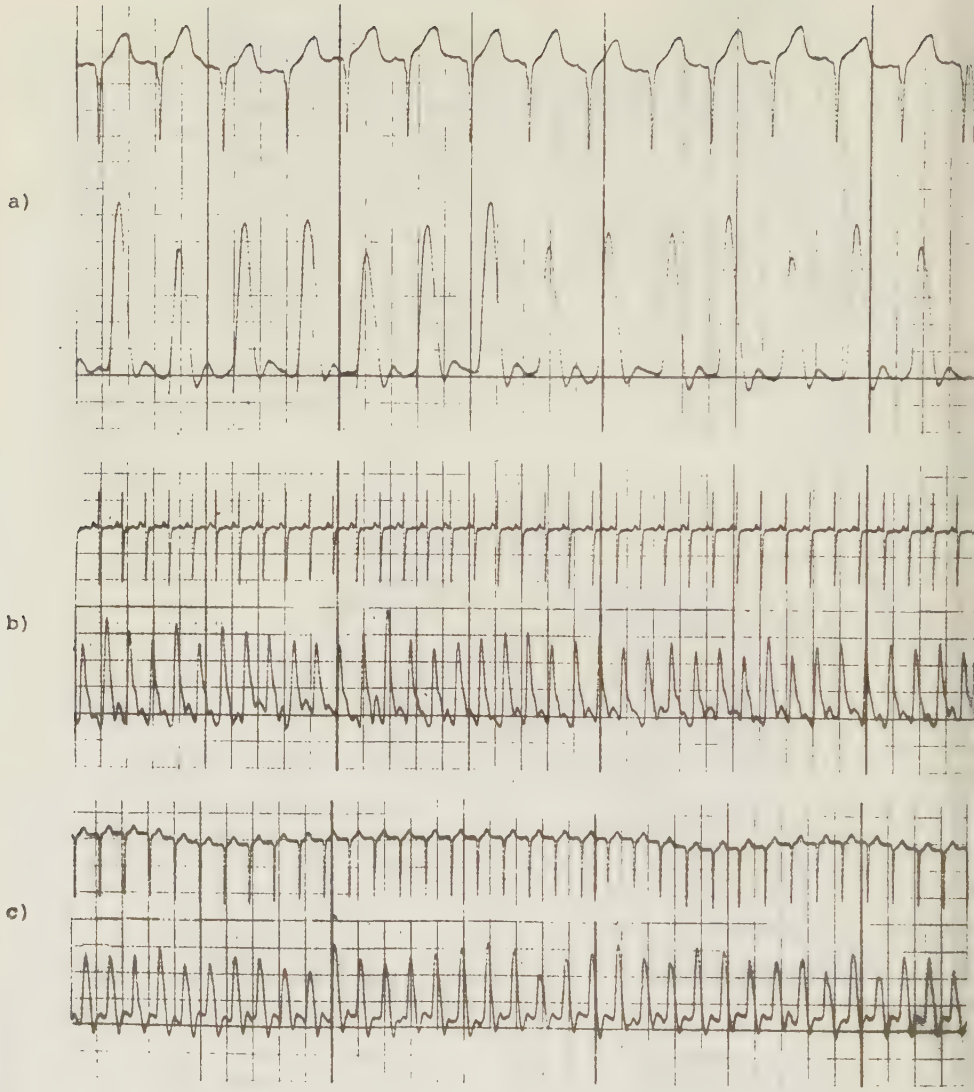

Abb. 3: Blutflußgeschwindigkeiten in verschiedenen Gefäßen eines Neugeborenen ohne Rückfluß

a) Aorta

b) Arteria subclavia links

c) Arteria femoralis rechts

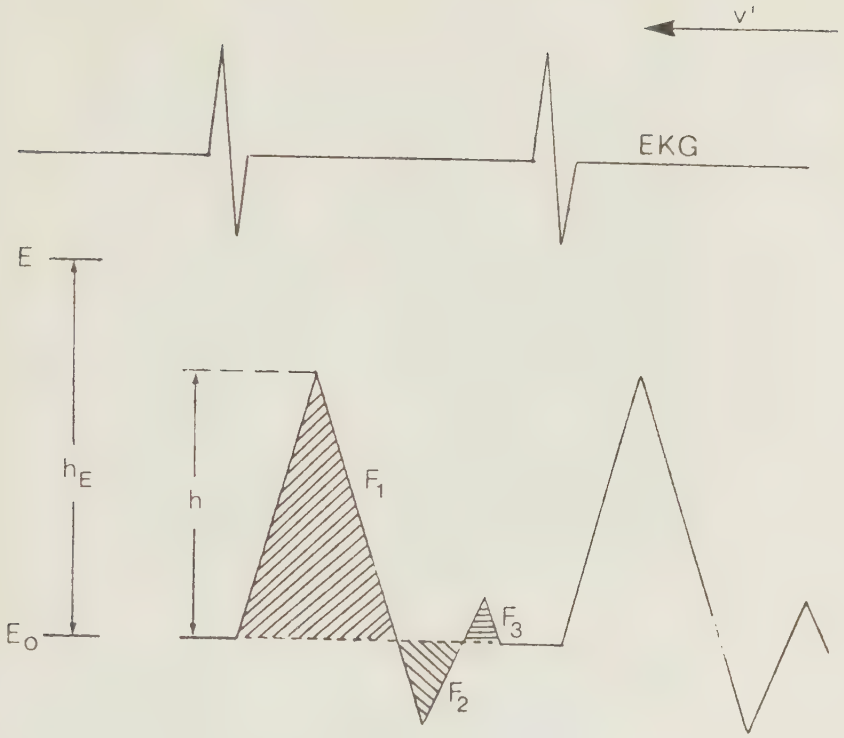

Abb. 4: Schematisches Kurvenbild

Eo= Eichlinie; entsprechend 0 m/sec

E = Eichlinie, entsprechend 0,5m/sec

V'= Papierlaufgeschwindigkeit

Ein deutlicher links-rechts-Shunt wurde angenommen, wenn $\frac{F_2 - F_3}{F_1} > 0{,}15$ lag.

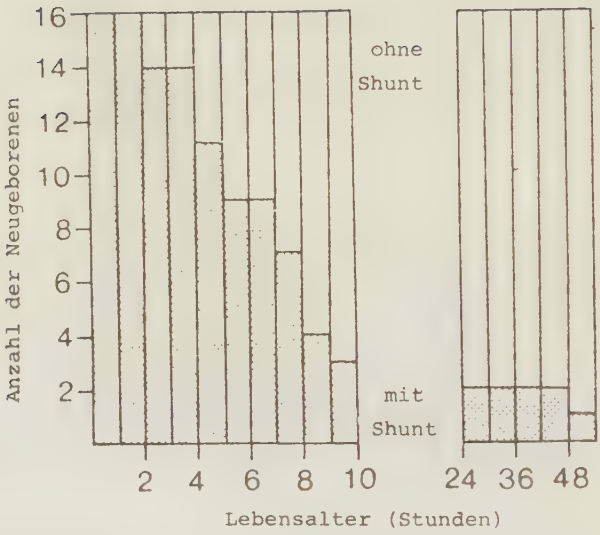

Abb. 5: Anzahl der Neugeborenen mit links-rechts-Kurzschluß (gepunktet) und ohne Kurzschluß (offen) aufgetragen gegen das Alter.

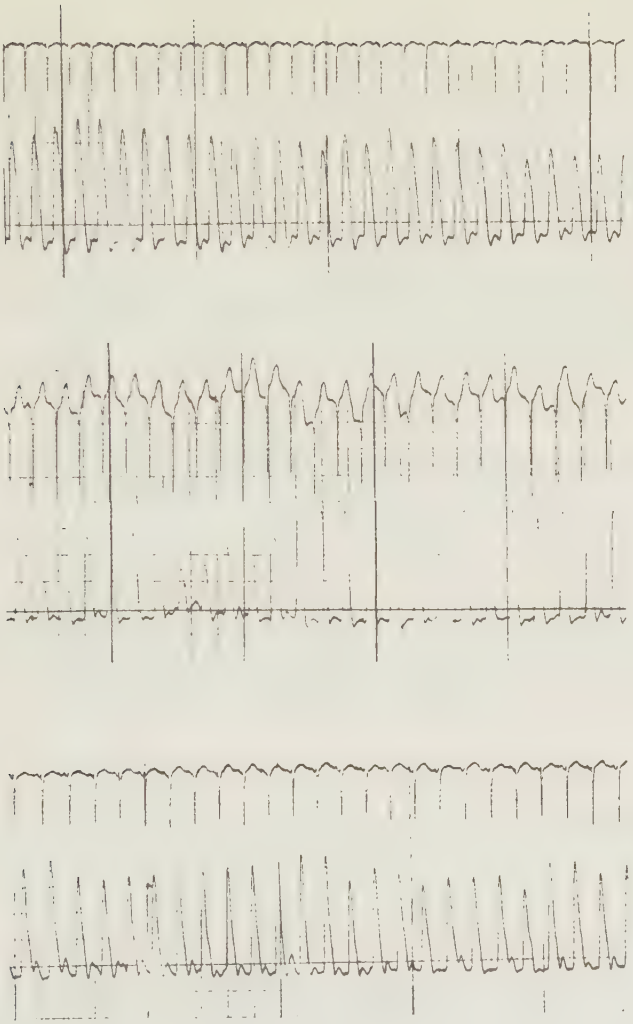

Abb. 6: Rückfluß in der linken Arteria subclavia bei einem Neugeborenen.

a) 1 Stunde nach der Geburt: deutlicher Rückfluß

b) 6 Stunden nach der Geburt: Der Rückfluß hat abgenommen

c) 24 Stunden nach der Geburt: Der Rückfluß hat erneut zugenommen, nachdem er im Alter von 11 Stunden nicht mehr nachweisbar war.

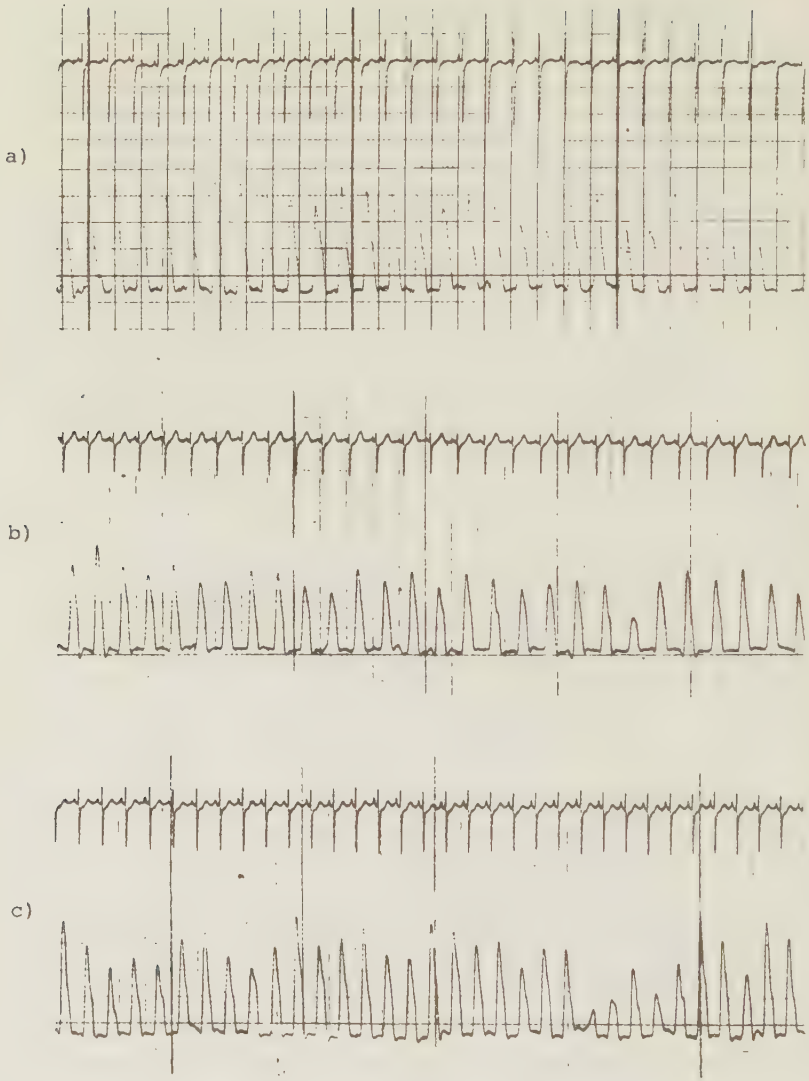

Abb. 7: Einfluß von Sauerstoff auf den Rückfluß in der linken Arteria subclavia.

a) 2 Stunden nach der Geburt: Deutlicher Rückfluß

b) Nach 5 minütiger Sauerstoffgabe: kein Rückfluß

c) 10 Minuten später: erneut deutlicher Rückfluß

8. LITERATUR

1. ADAMS, F.H.; LIND, J.:
Physiologic studies on the cardiovascular status of normal newborn infants (with special reference to the ductus arteriosus);
Pediatrics 19, 431 - 437 (1957).

2. ALLEN, H.D.; SAHN, D.J.; GOLDBERG, S.J.:
New serial contrast technique for assessment of left to right shunting patent ductus arteriosus in the neonate.
Am. J. Cardiol. 41, 288 - 294, (1978).

3. ARCILLA, R.A.; OH, W.; WALLGREN, G.; HANSON, J.S.; GESSNER, J.H.; LIND, J.:
Quantitative studies of the human neonatal circulation;
Acta Paediatr. Scand. 179, 23 - 42 (1967).

4. BARTELS, H.; RIEGEL, K.; WENNER, J.; WULF, H.:
Perinatale Atmung;
Berlin/Heidelberg/New York, Springer (1972).

5. BAUER, R.D.; PASCH, TH.:
Verfahren zur Verbesserung der Registriertreue von transcutan nach dem Ultraschall-Doppler-Prinzip gewonnenen Blutströmungspulsen;
Klin. Wschr. 49, 1239 - 1240 (1971).

6. BAUER, R.D.; BUSSE, R.; SCHABERT, A.; SUMMA, Y.; WETTERER, E.:
Methoden der Blutströmungsmessung in Physiologie und Klinik;
Wien. med. Wschr. 18, 255 - 260 (1976).

7. BAYLEN, B.G.; MEYER, R.A.; KAPLAN, S.; RINGENBURG, W.E.; KORFHAGEN, J.:
The critically ill premature infant with patent ductus arteriosus and pulmonary disease - An echocardiographic assessment;
J. Pediatr. 86, 423 - 432 (1975).

8. BLOOM, K.R.; RODRIGUES, L.; SWAN, E.M.:
Echocardiographic evaluation of left-to-right shunt in ventricular septal defect and persistent ductus arteriosus;
Br. Heart. J. 39, 260 - 265 (1977).

9. BORN, G.V.R.; DAWES, G.S.; MOTT, J.C.; RENNICK, B.R.:
The constriction of the ductus arteriosus caused by oxygen and by asphyxia in newborn lambs;
J. Physiol., London 132, 304 - 342 (1956).

10. BOUGHNER, D.R.:
Assessment of aortic insufficiency by transcutaneous ultrasound;
Circulation. 52, 874 - 879 (1975).

11. BUONOMINI, G.; GIRALDI, C.; LEVORATO, D.:
Transcutaneous Doppler ultrasonic in the detection of cerebral blood flow changes. A comparison with angiographic data;
J. Nucl. Med. All. Sci. 21, 103 - 106 (1977).

12. CONDERELLI, S.; UNGARI, C.:
The period of functional closure of the foramen ovale and the ductus Botalli in the human newborn;
Cardiologia 36, 274 - 287 (1960).

13. DAWES, G.S.:
Fetal and neonatal physiology. A comparative study of the changes at birth;
Chicago: Year Book Medical Publisher Inc. (1968).

14. FELDTMAN, R.W.; ANDRASSY, R.J.; ALEXANDER, J.A.; STANFORD, W.:
Doppler ultrasonic flow detection as an adjunct in the diagnosis of patent ductus arteriosus in premature infants;
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 72, 288 - 290 (1976).

15. FITZGERALD, D.E.; CARR, J.:
Doppler ultrasound diagnosis and classification as an alternative to arteriography;
Angiology 26, 283 - 288 (1975).

16. FRIEDMAN, W.F.:
Studies of the responses of the ductus arteriosus in intact animals. In Heyman, M.A.; Rudolph, A.M. (eds): The ductus arteriosus;
Columbus, Ohio, Ross Laboratories, 35 - 43 (1978).

17. GAMS, E.; CHIMOSKEY, J.E.; HUNTSMAN, L.L.:
Transkutane Blutflußmessungen in der Aorta mit Hilfe von Ultraschall-Doppler-Geräten;
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 40, 144 - 148 (1974).

18. GESSNER, J.; KROVETZ, L.J.; BENSON, R.W.; PRYSTOWSKY, H.; STENGER, V.; EITZMAN, D.V.:
Hemodynamic adaptions in the newborn infant;
Pediatrics 36, 752 - 762 (1965).

19. HAUKE, P.; ZEUMER, H.:
Doppler-sonographische Funktionsuntersuchungen bei Subclaviaanzapfsyndrom;
Dtsch. med. Wschr. 101, 1912 - 1915 (1976).

20. HEYMANN, M.A.; RUDOLPH, A.M.:
Control of the ductus arteriosus;
Physiol. Rev. 55, 62 - 78 (1975).

21. HIRSCHKLAU, M.J.; DISESSA, T.G.; HIGGINS, C.B.; FRIEDMAN, W.F.:
Echocardiographic diagnosis: Pitfalls in the premature infant with a large patent ductus arteriosus;
J. Pediatr. 92, 474 - 477 (1978).

22. HOLEN, J.; AASLID, R.; LANDMARK, K.; SIMONSEN, S.; ØSTREM, T.:
Determination of effective orifice area in mitral stenosis from non-invasive ultrasound Doppler data and mitral flow rate;
Acta Med. Scand. 201, 83 - 88 (1977).

23. JEGIER, W.; BLANKENSHIP, W.; LIND, J.; KITCHIN, A.:
The changing circulatory pattern of the newborn infant studies by the indicator dilution technique;
Acta Paediatr. Scand. 53, 541 - 552 (1964).

24. JOHNSTON, K.W.; MURAZZO, B.C.; COBBOLD, R.:
Errors and artefacts of Doppler flowmeters and their solution;
Arch. Surg. 112, 1335 - 1342 (1977).

25. KENNEDY, J.A.; CLARK, S.L.:
Observations on the physiological reactions of the ductus arteriosus;
Am. J. Physiol. 136, 140 - 147 (1942).

26. KLEIN, K.:
Zur Anwendung von Ultraschallmethoden bei Gefäß- und Kreislauferkrankungen;
Wien. klin. Wschr. 88, 189 - 196 (1976).

27. KOVALCIK, V.:
The response of the isolated ductus arteriosus to oxygen and anoxia;
J. Physiol., London 169, 185 - 197 (1963).

28. LINDERKAMP, O.; VERSMOLD, H.T.; MESSOW-ZAHN, K.; MÜLLER-HOLVE, W.; RIEGEL, K.P.; BETKE, K.:
The effect of intra-partum and intra-uterine asphyxia on placental transfusion in premature and full-term infants;
Eur. J. Pediatr. 127, 91 - 99 (1978).

29. LINDERKAMP, O.; BAYREUTHER, C.; RIEGEL, K.P.:
Assessment of patent ductus arteriosus by Doppler ultrasound. Methodological aspects;
In Vorbereitung.

30. LUNT, M.J.:
Accuracy and limitations of the ultrasonic Doppler blood velocimeter and zero crossing detector;
Ultrasound Med. Biol. 2, 1 - 10 (1975).

31. MC GRATH, R.L.; MC GUINNESS, G.A.; WAY, G.L.; WOLFE, R.R.; NORA, J.J.; SIMMONS, M.A.:
The silent ductus arteriosus;
J. Pediatr. 93, 110 - 113 (1978).

32. MESSMER, K.; MEISNER, H.; PFAU, B.; HAGE, S.:
Modellanalyse eines Doppler-Ultraschallströmungsmessers;
Pflügers Archiv 308, 80 - 90 (1969).

33. MOSS, A.J.; EMMANOUILIDES, G.; DUFFIE, E.R.:
Closure of the ductus arteriosus in the newborn infant;
Pediatrics 32, 25 - 30 (1963).

34. MOSS, A.J.; EMMANOUILIDES, G.C.; ADAMS, F.H.; CHUANG, K.:
Response of ductus arteriosus and pulmonary and systemic arterial pressure to changes in oxygen environment in newborn infants;
Pediatrics 33, 937 - 944 (1964).

35. PASCH, TH.; BAUER, R.D.; GRUBE, F.O.; WETTERER, E.:
Erfahrungen mit einem Ultraschall-Doppler-Meßgerät zur transkutanen Registrierung der Blutströmungsgeschwindigkeit am Menschen;
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 37, 370 - 376 (1971).

36. PASCH, TH.; BAUER, R.D.; BUSSE, R.:
Frequenzspektren direkt und unblutig registrierter Arterienpulse;
Biomed. Techn. 21, 49 - 55 (1976).

37. PREC, K.J.; CASSELS, D.E.:
Dye dilution curves and cardiac output in newborn infants;
Circulation 11, 789 - 798 (1955).

38. RENEMAN, R.S.; HOEKS, A.; SPENCER, M.P.:
Doppler ultrasound in the evaluation of the peripheral arterial circulation;
Angiology 30, 526 - 538 (1979).

39. RENEMAN, R.S.; SPENCER, M.P.:
Local Doppler audio spectra in normal and stenosed carotid arteries in man;
Ultrasound Med. Biol. 5, 1 - 11 (1979).

40. RITTENHOUSE, E.A.; MAIXNER, W.; BURR, J.W.; BARNES, R.W.:
Directional arterial flow velocity: A sensitive index of changes in peripheral vascular resistance;
Surgery 79, 350 - 355 (1976).

41. RUDOLPH, A.M.; DRORBAUGH, J.E.; AULD, P.A.M.; RUDOLPH, R.W.; NADAS, A.S.; SMITH, C.A.; HUBBELL, J.P.:
Studies on the circulation in the neonatal period;
Pediatrics 27, 551 - 566 (1961).

42. RUDOLPH, A.M.; HEYMANN, M.A.:
Circulatory changes during growth in fetal lambs;
Circ. Res. 26, 289 - 299 (1970).

43. SAHN, D.J.; ALLEN, H.D.:
Real-time cross-sectional echocardiographic imaging and measurement of the patent ductus arteriosus in infants and children;
Circulation 58, 343 - 354 (1978).

44. SALING, E.:
Neue Untersuchungsergebnisse über den Kreislauf des Kindes unmittelbar nach der Geburt;
Arch. Gynäkol. 194, 287 - 306 (1960).

45. SILVERMAN, N.H.; LEWIS, A.B.; HEYMANN, M.A.; RUDOLPH, A.M.:
Echocardiographic assessment of ductus arteriosus shunt in premature infants;
Circulation 50, 821 - 825 (1974).

46. STEVENSON, J.G.; KAWALORI, J.; GUNTHEROTH, W.G.:
Noninvasive detection of pulmonary hypertension in patent ductus arteriosus by pulsed doppler echocardiography;
Circulation 60, 355 - 359 (1979).

47. THIBEAULT, D.W.; EMMANOUILIDES, G.C.; NELSON, R.J.; LACHMAN, R.S.; ROSENGART, R.M.; OH, W.:
Patent ductus arteriosus complicating the respiratory distress syndrome in preterm infants;
J. Pediatr. 86, 120 - 126 (1975).

48. VERSMOLD, H.T.; LINDERKAMP, O.:
The Ductus Arteriosus;
In Vorbereitung.

49. WHITE, S.W.; ANGUS, J.A.; MC RITCHIE, R.J.; PORGES, W.L.:
Evaluation of the Doppler flowmeter for measurement of blood flow in small vessels of unaesthetized animals.

Clin. Exp. Pharmacol. and Physiol. 1, 79 - 92 (1974).

50. WHITE, S.W.; MC RITCHIE, R.J.; PORGES, W.L.:
A comparison between thermodilution, electromagnetic and Doppler methods for cardiac output measurement in the rabbit;
Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 1, 175 - 182 (1974).

51. WONG, W.H.; WU, P.Y.K.; KAFKA, H.; FREEDMAN, R.I.; LEVAN, N.E.:
Blood flow and venous distensibility in the upper and lower extremities of newborn infants;
Acta Paediatr. Scand. 65, 571 - 575 (1976).

L E B E N S L A U F

Name	JOST, Klaus Harald
22.12.48	geboren in Neustadt an der Weinstr.
Eltern	Otto Jost, leitender Angestellter Inge Jost, geb. Mensens, Buchhalterin
1955 - 1956	Volksschule in Grünstadt/Rheinlandpfalz
1956 - 1960	Volksschule in München in der Winthirstr.
1960 - 1970	Erasmus Grasser Gymnasium München, math.- naturwissenschaftlich
1970	Abitur
1970 - 1972	Technische Universität München - Weihenstephan, Fachrichtung Lebensmitteltechnologie
1971	1. Prüfungsabschnitt der Diplomvorprüfung in Lebensmitteltechnologie
1972 - 1974	Universität München Fachbereich Physik/Chemie für das Lehramt an Realschulen
1974	1. Staatsexamen für Realschullehrer
1974 - 1979	Studium der Zahnmedizin an der Universität München
1976	Physikum
1979	Staatsexamen
Aug.1979	Approbation als Zahnarzt